

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ім. І. ПУЛЮЯ**

Федорусь Юрій Володимирович

УДК 631.35: 633.521

**РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
КОМБІНОВАНОГО ПЛЮЩИЛЬНО-ОБЧІСУВАЛЬНОГО
АППАРАТА ДЛЯ ВІДДІЛЕННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ**

05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку 08.02.2013 р.
Формат 60 × 90/16 арк. Папір друк.
Наклад 150 прим. Ум. друк. арк. 1,375. Зам. 491
Віддруковано у РВВ ЛНТУ
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Свідоцтво держкомінформу України ДК № 4123 від 28.07.2011р.

Тернопіль – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Луцькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Хайліс Гедаль Абрамович, Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробовування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погорілого, головний науковий співробітник, заслужений діяч науки і техніки України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Пулька Чеслав Вікторович, професор кафедри технології та обладнання зварювального виробництва, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
Шейченко Віктор Олександрович, вчений секретар, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України.

Захист відбудеться « 21 » березня 2013 року о 1200 годині в ауд. 79 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д58.052.02 у Тернопільському національному технічному університеті ім. І. Пулюя, 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Автореферат розісланий « 15 » лютого 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



П.В. Попович

процесса, что реализуется на основе разработки конструкции и обоснования параметров плющильно-очесывающего аппарата. Анализ способов и технических средств для уборки льна показал, что существующие конструкции отделяющих аппаратов не обеспечивают необходимое качество отделения свободных семян от стеблей льна, имеет место повреждение семян, большой отход стеблей в путанину.

Для решения поставленных задач выбрана оптимальная последовательность операций комбинированного процесса для отделения семян и коробочек от стеблей льна и предложена новая конструкция плющильно-очесывающего аппарата. Разработаны теоретические основы функционирования плющильного механизма и обоснованы условия его работоспособности.

Изложены программа и методики проведения экспериментальных исследований, а также описание оборудования, приборов, экспериментальной установки. Для проведения экспериментов использовалось стандартизированное оборудование, а также разработанное и изготовленное самостоятельно, которое наиболее соответствовало условиям исследуемых процессов.

Экспериментальным путем исследовалась полнота отделения семян от стеблей льна, качественные и количественные показатели ленты льна после плющения и очёса, а также устанавливались факторы, влияющие на повреждения семян льна.

Разработан и изготовлен экспериментальный образец плющильно-очесывающего аппарата. Результаты полевых испытаний показали целесообразность использования разработанного аппарата.

Определён годовой эффект от использования льнокомбайна с предложенным плющильно-очесывающим аппаратом, который составляет 81 тис. гривен на машину.

Ключевые слова: плющильно-очесывающий аппарат, плющильные вальцы, опорная плоскость, очесывающие гребенки, лента льна, семена льна, плющение.

ANNOTATION

Fedorus Y. V. Development and justification of parameters of combined calender-stripper machine for separating seeds and flax. – Manuscript.

Dissertation for getting the degree of technical sciences candidate by specialty 05.05.11 – machines and mechanization means of agricultural production. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2013.

This thesis is dedicated to the solution of significant scientific and technical problem of improving efficiency seeds separation from flax stems by using combined operating process, which is based on the new design development and substantiation of flattening and combing parameters of machine. The structure of the seeds separation process from stalks of flax was substantiated and new construction of flattening and combing machine was proposed and basic its parameters were determined. The process regularities of flattening boxes and extraction of available seeds with breaking of non-flattened boxes from stems had been done. The field tests and calculation of economic efficiency using of flax harvester with new flattening and combing machine were made.

Key words: flattening and combing machine, flattening rollers, bearing plane, combing crests, flax ribbon, flaxseed, flattening.

17. Федорусь Ю.В. Повна переробка льону – область нових технологій / Ю.В. Федорусь // Тези XX науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ЛДТУ. – Луцьк, 2005. – С.158–161.

18. Федорусь Ю.В. Визначення геометричних параметрів плющильних вальців при плющенні насінневих коробочок льону / Ю.В. Федорусь // Тези XXIII науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу «Актуальні проблеми та перспективи науки і виробництва». – ННВ Луцьк, 2008.- С.204-205.

19. Федорусь Ю.В. Обґрунтування доцільності плющення та послідовності операцій при відділенні насіння льону / Ю.В. Федорусь // Тези XXVI науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу «Актуальні проблеми та перспективи науки і виробництва». – ННВ Луцьк, 2012.- С.216-217.

АНОТАЦІЯ

Федорусь Ю.В. Розробка та обґрунтування параметрів комбінованого плющильно-обчісувального апарата для відділення насіння льону. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Тернопіль, 2013.

Дисертацію присвячено вирішенню важливої науково-технічної задачі підвищення ефективності відділення насіння від стебел льону завдяки використанню комбінованого робочого процесу, що здійснюється на основі розробки нової конструкції і обґрунтування параметрів плющильно-обчісувального апарата. Для вирішення поставлених завдань проаналізовано стан механізації та способи відділення коробочок та насіння від стебел льону, а також конструкції існуючих апаратів для цього і з'ясовані їх недоліки. Обґрунтовано структуру операцій процесу відділення насіння від стебел льону, та запропоновано нову конструкцію плющильно-обчісувального апарата, а також обґрунтовано основні його параметри. Обґрунтовані закономірності процесу плющення коробочок і виділення вільного насіння та відриву не розплющених коробочок від стебел. Проведено польові випробовування і розраховано економічну ефективність використання льонозбирального комбайна з плющильно-обчісувальним апаратом запропонованого зразка.

Ключові слова: плющильно-обчісувальний апарат, плющильні вальці, опорна площа, обчісувальні гребінки, стрічка льону, насіння льону, плющення.

АННОТАЦИЯ

Федорусь Ю.В. Разработка и обоснование параметров комбинированного плющильно-очесывающего аппарата для отделения семян льна. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Тернопольский национальный технический университет им. Ивана Пулюя, Тернополь, 2013.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности отделения семян и коробочек от стеблей льна путём использования комбинированного рабочего

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення якості виконання технологічних операцій збирання льону за допомогою льонозбиральних машин на основі розробки нових та вдосконалення існуючих робочих органів є важливим завданням льонарської галузі сільського господарства.

На даний час для механізованого процесу збирання льону використовуються комбайни ЛК-4А і ЛК-4Т, які відділяють насіннєві коробочки від стебел методом обчісування. Такий метод відділення насіння та коробочок є малоефективним. Тому його варто вдосконалити шляхом поєднання декількох операцій: плющення з наступним обчісуванням стрічки стебел льону. У відомих конструкціях льонозбиральних комбайнів не передбачено операції плющення верхівкової частини стебел льону і вдосконалення даного процесу, та обґрунтування параметрів нового комбінованого плющильно-обчісувального апарата льонокомбайна є актуальною задачею, оскільки вона спрямована на підвищення якості відділення насіння та насінневих коробочок від стебел льону і зниження відходу їх у плутанину.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Луцького національного технічного університету відповідно до цільової комплексної програми «Національна програма розробки і виробництва технологічних комплексів машин і обладнання сільського господарства, харчової та переробної промисловості», затвердженої Кабінетом Міністрів України від 7 березня 1996 р., постанови Кабінету Міністрів України від 22 квітня 1997 р. за № 378 «Про заходи щодо стабілізації та збільшення обсягів виробництва льоно- та коноплепродукції», програми «Льон Волині 2001 – 2004» і згідно з тематичним планом науково-дослідних робіт Луцького національного технічного університету (НДР № д/р 0100U000258 «Дослідження взаємодії механізмів сільськогосподарських машин з матеріалами» і НДР № д/р 0102U000255 «Теоретичні основи роботи льонозбиральних машин»).

Мета і задачі дослідження. *Мета роботи* – підвищення ефективності відділення насіння та коробочок льону шляхом поєднання двох технологічних процесів в один та розробка комбінованого плющильно-обчісувального апарата для його практичної реалізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- проаналізувати стан механізації та існуючі способи відділення насінневих коробочок від стебел льону, а також конструкції існуючих обчісувальних апаратів і з'ясувати їх недоліки;

- обґрунтувати доцільність поєднання, зміст і послідовність операцій процесу відділення насіння і коробочок від стебел льону та запропонувати нову конструкцію комбінованого плющильно-обчісувального апарата;

- розробити моделі операцій плющення та обчісування насіння і насінневих коробочок зі стрічки льону;

- розробити теоретичні основи функціонування плющильно-обчісувального апарата та обґрунтувати умови його працездатності;

- обґрунтувати програму та методику експериментальних досліджень, а також визначити основні параметри плющильно-обчісувального апарата та режим його функціонування;

- провести польові випробовування та розрахувати економічну ефективність використання льонокомбайна з новим плющильно-обчісувальним апаратом.

Об'єкт дослідження – процес плющення та обчісування стрічки льону, плющильно-обчісувальний апарат, стрічка стебел льону-довгунця.

Предмет дослідження – системний вплив параметрів і режимів роботи механізмів плющильно-обчісувального апарата на якість відділення насіння та коробочок від стебел льону.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин. Аналіз математичних моделей здійснювався за допомогою прикладних та розроблених програм на ПК. Експериментальні дослідження проводились на основі системного підходу, статистичного опрацювання інформації та планування багатофакторного експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше розроблено теорію плющення насіннєвих коробочок комбінованим апаратом перед їх відділенням від стебел стрічки льону;

- розроблено конструкцію нового плющильно-обчісувального апарата, що реалізує комбінований процес обробки верхівкової частини льону;

- вперше системно обґрунтовано основні параметри плющильно-обчісувального апарата;

- удосконалено процес відділення насіння та коробочок від стебел льону на основі синтезу операцій плющення та обчісування;

- вперше встановлено залежність якості відділеного насіння від стебел льону при зміні кінематичних параметрів затискного транспортера, щільності стеблової стрічки та параметрів розробленого плющильно-обчісувального апарата.

Практичне значення отриманих результатів полягає у вдосконаленні технологічного процесу роботи льонокомбайнів ЛК-4А та ЛК-4Т. На підставі теоретичних та практичних досліджень розроблено експериментальний зразок плющильно-обчісувального апарата, обґрунтовано основні його параметри. Розроблений плющильно-обчісувальний апарат був встановлений на льонокомбайні ЛК-4А та успішно пройшов випробовування на полях Львівської філії Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погорілого і Волинської державної сільськогосподарської станції Інституту сільського господарства Західного Полісся Національної академії аграрних наук України. Результати досліджень впроваджені в СВК «Волинь» Турійського району Волинської області. Технічна новизна виконаних розробок підтверджена деклараційними патентами України (№19568А від 25.12.1997 р., №46541А від 15. 05. 2002 р., №31491 від 30.04.2008 р.).

4. Федорусь Ю.В. Результати дослідження розподілу розмірних характеристик стебла китиць льону / Ю. В. Федорусь // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Вип. 18.– Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009. – С. 477 – 480

5. Федорусь Ю. Дослідження процесу обчісування проплющеної стрічки льону / Ю. В. Федорусь // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць. – Вип. 13 (27). – Книга 1. – УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. – С. 412 – 418

6. Федорусь Ю.В. Аналіз процесу плющення стеблової стрічки вальцем, який рухається / Ю.В. Федорусь, Г. А. Хайліс // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Вип. 6.– Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2000. – С. 181 – 184.

7. Федорусь Ю.В. Визначення тиску на стебла при русі вальця в льоноплющильно-обчісувальному апараті / Ю.В. Федорусь, Г. А. Хайліс // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Вип. 9. – Луцьк: РВВ ЛДТУ. – 2001. – С. 159 – 163.

8. Федорусь Ю.В. Особливості переміщення опорної поверхні при роботі льоноплющильно-обчісувального апарата / Ю.В. Федорусь, Г. А. Хайліс, А.Ю. Горбовий //Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Вип. 16. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2007. – С. 186 – 190.

9. Федорусь Ю.В. Вплив робочих органів плющильно-обчісувального апарату на параметри стрічки льону та кількість виділення вільного насіння / Ю.В. Федорусь // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. – Випуск 39. – Луцьк, 2012. – С. 204 – 208.

10. Федорусь Ю.В. Механіка рослинних матеріалів: Навчальний посібник / Г. А. Хайліс, Ю.В. Федорусь. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2004 – 322 с.

11. Федорусь Ю.В. Основи первинного обробітку та зберігання продукції рослинництва: Навчальний посібник / В.М. Карпюк, Ю. В. Федорусь. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ. – 2012. – 360 с.

12. Пат. №19568А. Україна. А 01 D 45/06. Льоноплющильно-обчісувальний апарат / Г.А. Хайліс, М.Л. Грицишин, Л.О. Талах, Ю.В. Федорусь (Україна). – №95031029. Заявл. 06.03.95. Опубл. 25.12.97. Бюл. №6. – 3 с.: іл.

13. Пат. №46541А. Україна. А 01 D 45/06. Апарат для обмолоту стебел льону / Г.А. Хайліс, М.А. Демидюк, Ю.В. Федорусь (Україна). – №2001085636. Заявл. 08.08.2001. Опубл. 15.05.2002. Бюл. №5. – 3 с.: іл.

14. Пат. №31491 на корисну модель. Україна. А 01 D 45/00 Розпушувач стрічки льону / Г.А. Хайліс, А.Ю. Горбовий, М.Г. Грушецька, Н.О. Толстушко, М.М. Толстушко, М.А. Демидюк, Ю.В. Федорусь (Україна). – №u200713948. Заявл. 12.12.2007. Опубл. 30.04.2008. Бюл. №7. – 3 с.

15. Пат. №55604 на корисну модель. Україна. А 01 D 45/00. Підбирач стрічки льону з притискним пристроєм / Г.А. Хайліс, І.М. Іваненко, О.О. Налобіна, О.В. Шовкомуд, В.Л. Матринюк, Ю.В. Федорусь (Україна). – №u201001880. Заявл. 22.02.2010. Опубл. 27.12.2010. Бюл. №24. – 6 с.: іл.

16. Федорусь Ю.В. Теоретичні дослідження польоту вороху льону після перетирання / Г.А. Хайліс, В.А. Сай, Ю.В. Федорусь // Тези XIX науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ЛДТУ. – Луцьк, 2004. – С.133.

(0,3...0,43), що є основою для розрахунку робочих органів апарата та затискного транспортера;

- необхідне зусилля для руйнування насінневої коробочки, залежно від стиглості, вологості та діаметра, яке знаходиться в межах 2,12...7,59 Н;

- закономірності зміни деформації плющення насінневих коробочок від навантаження. Пряма залежність має місце лише при деформації коробочок на 10...22 %. При збільшенні деформації до 40 % коробочки руйнуються. Для їх руйнування, у фазі повної стиглості, необхідне зусилля до 5 Н, причому для вологих воно менше, але при їх руйнуванні вільне насіння не виділяється.

7. На основі лабораторних досліджень процесу відділення коробочок та насіння від стебел льону встановлено, що виділення вільного насіння після багаторазової взаємодії стрічки льону з плющильно-обчисувальним апаратом збільшується до 31,7 – 59,4 % (7 – 9 % для стандартного обчисувального апарата). Після 8-ми кратного приминання відсоток вільного насіння не зростає. Доведено, що при зменшенні вологості та при підвищенні ступеня стиглості льону і зростанні товщини стебelloвої стрічки він збільшується.

8. Загальний відсоток пошкоджених стебел при лабораторних дослідженнях після обчисування стрічки запропонованим апаратом знаходиться в межах $\eta_{nc} = 1,82 - 3,28$ %, при швидкості затискного транспортера 2,3 – 2,8 м/с, що не перевищує допустимого агротехнічного значення (5 %). Значення кута перекоосу стебел у стрічці складає 5,0 – 14,8°, що не перевищує допустимого згідно агротехнічних вимог значення (20°).

9. В результаті польових випробовувань льонокомбайна з плющильно-обчисувальним апаратом встановлено, що при продуктивності 0,92 га/год втрати насіння зменшились на 1,1 %, чистота обчисування зросла на 0,8 %, відхід стебел в пугану зменшився на 0,6 %, а вихід вільного насіння збільшився до 60 % (7 – 9 % для базового апарата).

10. Розроблений плющильно-обчисувальний апарат може застосовуватись як при комбайновому, так і при роздільному способі збирання льону-довгунця та впроваджений у СВК «Волинь» Турійського району Волинської області. Технічна новизна виконаних розробок підтверджена деклараційними патентами України (№19568А від 25.12.1997р., №46541А від 15. 05. 2002 р., №31491 від 30.04.2008).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Федорусь Ю.В. Конструктивні особливості апаратів для відділення насінневих коробочок від стебел льону / Ю. В. Федорусь // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Вип. 5. – Луцьк: РВВ ЛДТУ. – 1999. – С. 274 – 278.

2. Федорусь Ю. В. Аналіз надходження стебел льону в плющильний пристрій обмолочуючого апарата / Ю. В. Федорусь // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Вип. 8. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2001. – С. 317–320.

3. Федорусь Ю.В. Аналіз процесу плющення насінневих коробочок в льоноплющильно-обчисувальному апараті / Ю. В. Федорусь // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Вип. 11. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. – С. 126 – 130

Особистий внесок здобувача. Основні дослідження у дисертації були виконані автором особисто. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачем проведено аналіз та обґрунтування процесу плющення стрічки льону за допомогою виготовленого рухомого плющильного вальця [6]; визначено тиск на стебла при русі вальця [7]; досліджено особливості переміщення опорної поверхні плющильно-обчисувального апарата [8].

Апробація результатів дисертації. Матеріали теоретичних і експериментальних досліджень, що представлені в дисертаційній роботі, доповідались, обговорювались та були схвалені: на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Луцького національного технічного університету (м. Луцьк, 1999 – 2012 рр.) [16-19]; на II-й міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (ЛДТУ, м. Луцьк, 2001 р.) [2]; на Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в АПК» (ЛДТУ, м. Луцьк, 2007 р.) [8]; на II міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в агропромисловому та лісовому комплексі» (Луцький НТУ, м. Луцьк, 2009 р.) [4]; на III міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в агропромисловому та лісовому комплексах і переробній галузі» (Луцький НТУ, м. Луцьк, 2011 р.); на II міжнародній науково-технічній конференції ТК-2012 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів» (Луцький НТУ, м. Луцьк-Світязь, 2012 р.); на Науково-практичній конференції молодих вчених «Технічні культури: інноваційні напрями досліджень» (Дослідницька станція луб'яних культур інституту сільськогосподарства Південного Сходу НААН, м. Глухів, 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи розвитку обладнання переробних і харчових виробництв» (Луцький НТУ, м. Луцьк, 2012 р.) [9].

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 19 наукових праць, з них 9 – у фахових виданнях. Шість наукових праць – є одноосібними, отримано 4 деклараційні патенти України, та 2 навчальних посібники з грифом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків і рекомендацій, списку використаних джерел із 144 найменувань, з яких 12 іноземною мовою та 20 додатків. Повний обсяг роботи становить 165 сторінки, містить 50 рисунків і 15 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета та задачі дослідження; окреслено новизну та практичну цінність отриманих результатів; наведено дані про апробацію результатів досліджень і публікацій.

У першому розділі «Аналіз існуючих апаратів для відділення насіння та коробочок льону» розглянуто біологічні властивості льону-довгунця, особливості вирощування та існуючі технології збирання льону-довгунця; проаналізовано засоби для механізації збирання і відокремлення насіння та насінневих коробочок від стебел; виявлено переваги та недоліки існуючих

апаратів і пристроїв для відділення насіння та коробочок від стебел льону; проведено огляд досліджень фізико-механічних властивостей льону і насінневих коробочок у період збирання; визначено задачі дослідження для вирішення поставленої мети.

Вагомий внесок у теорію та практику досліджуваних питань внесли: М. І. Шликов, Г. А. Хайліс, М. М. Ковальов, І. В. Крагельський, М. Н. Биков, В. Ф. Дідух, В. О. Шейченко, А. Ю. Горбовий, О. О. Налобіна, Ч. В. Пулька та ін.

Проте багато питань залишаються невирішеними як в конструктивному, так і в технологічному напрямі, а робота апаратів з плющенням верхівкової частини стебла за багатьма критеріями залишається не дослідженою. Зокрема, мають місце пошкодження насіння та стебел у зоні китиці. Це вимагає розробки конструкції нового комбінованого плющильно-обчісувального апарата, теоретичного й експериментального дослідження його робочих органів та обґрунтування основних параметрів.

У другому розділі «**Теоретичне обґрунтування основних параметрів плющильно-обчісувального апарату**» теоретично обґрунтовані основні параметри комбінованого плющильно-обчісувального пристрою, визначено розміри активної та мертвої зони плющення стрічки стебел, досліджено її надходження під конічну частину вальця плющильно-обчісувального апарата, визначено тиск на стебла при русі вальця, що обертається.

Для відділення насіння льону, необхідно здійснити наступні технологічні операції: 1) обчісування коробочок; 2) плющення коробочок; 3) виділення з розплющених коробочок вільного насіння. Послідовність виконання даних операцій буде визначати якість та ефективність роботи плющильно-обчісувального апарата. Визначення ефективного варіанта залежить від фізико-механічних властивостей льону-довгунця та фази стиглості при відділенні насіння.

Об'єктом нашого дослідження є плющильно-обчісувальний апарат, його будова та схема роботи представлена на рис. 1. Апарат включає затискний транспортер 1 і розміщену за ним обчісувальну камеру 2 з вікнами для входу і виходу з неї верхньої частини стрічки стебел, барабан з валом 4, дисками 5, 6 та 7, ексцентриковий механізм 8 з гребінками 9 і плющильними вальцями 10 та опорну направляючу поверхню 11, виготовлену з листового матеріалу. Обчісувальна камера 2 складається із корпусу 12 і піддона 13. Вал 4 опертий на підшипникові опори 15. Кожна гребінка 9 складається із зубів 16 і лопатей 17 та 18 для захисту їх від намоток. На осі кожної гребінки 9 зі сторони входу верхньої частини стрічки стебел в обчісувальну камеру 2 встановлені плющильні вальці 10 з можливістю вільного обертання навколо цих осей. На рис. 1, а також показано одне проміжне положення плющильного вальця. Опорна направляюча поверхня 11 встановлена в зоні дії плющильних вальців 10 з можливістю обертання навколо нерухомої осі 19 і підпружинена за допомогою пружини 20. Зі сторони входу в обчісувальну камеру 2 вальці 10 виконані конусними, а опорна поверхня 11 відігнута для того, щоб полегшити вхід товстої стрічки стебел у простір між

Польові випробування, проведені відповідно до розробленої методики, показали, що льонокомбайн ЛК - 4А з встановленим експериментальним зразком плющильно-обчісувального апарата, відповідає агротехнічним вимогам.

Розрахунковий річний економічний ефект від використання апарата становить 81020 грн., термін окупності капіталовкладень – 2,29 року.

ВИСНОВКИ

Вирішення питань проектування та обґрунтування параметрів плющильно-обчісувального апарата має теоретичне та практичне значення. Основні наукові та практичні результати отримані у дисертації наступні:

1. Теоретично узагальнено та вирішено нову науково-технічну задачу ефективного відділення насіння від стебел льону завдяки поєднанню двох технологічних операцій (плющення та обчісування) в одному процесі.

2. На основі теорії плющення стеблової стрічки з насіннєвими коробочками, аналізу особливостей плющильних та обчісувальних пристроїв, а також системного узгодження характеристик з режимами роботи, обґрунтовано основні конструктивні параметри комбінованого апарата, які дозволяють підвищити вихід вільного насіння в 5-8 разів.

3. Аналіз взаємодії плющильного вальця, стеблової стрічки та підпружиненої опорної поверхні дав змогу обґрунтувати залежність сили тиску вальця на коробочки від параметрів вальця, режимів роботи льонозбирального комбайна та зусилля руйнування насіннєвої коробочки. Зі зменшенням діаметра та відносної вологості насінневих коробочок зростає зусилля їх плющення.

4. Конструктивні параметри спроектованого барабана, який поєднує плющильний та обчісувальний апарати відповідають параметрам існуючих обчісувальних барабанів льонозбиральних машин, що дозволяє її уніфікувати. Мінімально допустимий діаметр вальця, з умови плющення, становить 76 мм з кутом конусності 12 – 15° та різницею діаметрів конічної частини 3 – 5 мм. Довжина плющильного вальця за умови 8-кратного проплющування стеблової стрічки становить 150 мм.

5. У результаті проведення багатофакторного експерименту вперше отримано математичні моделі кількісних та якісних показників, що впливають на ступінь пошкодження насіння. Аналіз показав, що найбільший вплив має сила тиску вальця на коробочки (2,2 – 3,8 кН), а швидкість руху стеблової стрічки (1,8 – 2,8 м/с) та її щільність (12 – 28 шт/см) впливають значно менше. Найменше пошкоджується насіння при тиску 2,2 кН та максимальній щільності стрічки у межах 25 – 28 стебел на погонний сантиметр. При таких показниках ступінь пошкодження не перевищує 0,81 %, а при інших критичних значеннях параметрів, ступінь пошкодження не перевищує 1,4 %, що відповідає агротехнічним вимогам до насіння льону-довгунця (1,5 %).

6. Обґрунтовані методики програми експериментальних досліджень дали змогу визначити:

– варіацію графічного розподілу розмірних характеристик стебел та насінневих коробочок, коефіцієнти тертя насінневих коробочок по гумі (0,45...0,48) та по сталі

цього показника за всіма варіантами дослідів знаходиться в межах $\eta_B = 0,73 - 2,03 \%$, що відповідає агротехнічним вимогам.

Результати дослідження енергії проростання і схожості насіння льону-довгунця (рис. 15) показують, що ударні навантаження, які мають місце в процесі



Рис. 15. Результати експериментальних досліджень енергії проростання та схожості насіння льону-довгунця при збиранні льонокомбайном ЛК-4Т

роботи плющильно-обчісувального апарату із плющильними вальцями на схожість і енергію проростання насіння льону практично не впливають.

Насіння, отримане із насінневих коробочок, що не виділилось у процесі роботи розробленого апарату, має нижчу схожість і енергію проростання. Це пов'язано з тим, що це недозрілі та малі за розміром коробочки, які не відокремились зі стрічки льону.

У п'ятому розділі «Результати польових

випробувань льонокомбайна з новим (розробленим) апаратом і розрахунок його економічної ефективності» викладено результати випробувань льонозбирального комбайна з експериментальним зразком плющильно-обчісувального апарату, які проводились в серпні 2009 та 2012 років на полях Львівської філії Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погорілого (табл.1), Волинської державної сільськогосподарської станції Інституту сільського господарства Західного Полісся Національної академії аграрних наук України, СВК «Волинь» Турійського району Волинської області.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика льонозбирального комбайна з експериментальним плющильно-обчісувальним апаратом на полях Львівської філії Укр НДІ ПВТ ім. Л. Погорілого

№ з/п	Показники	Середні значення	
		Модернізований	Базовий
1	Продуктивність, га/год	0,92	0,92
2	Робочі швидкості, км/год	5,8 – 7,2	5,8 – 7,2
3	Чистота обчісування, %	98,1	97,3
4	Відхід стебел в плутанину, %	1,9	2,5
5	Втрати насіння, %	3,7	4,8
6	Пошкодження стебел, що впливають на вихід довгого волокна, %	3,9	4,1

вальцем 10 та поверхнею 11. З метою запобігання дотикання опорної поверхні до плющильних вальців 10, через що може статися так, що стрічка стебел не зможе ввійти в обчісувальну камеру 2, всередині камери встановлений упор 21, що обмежує переміщення опорної площини.

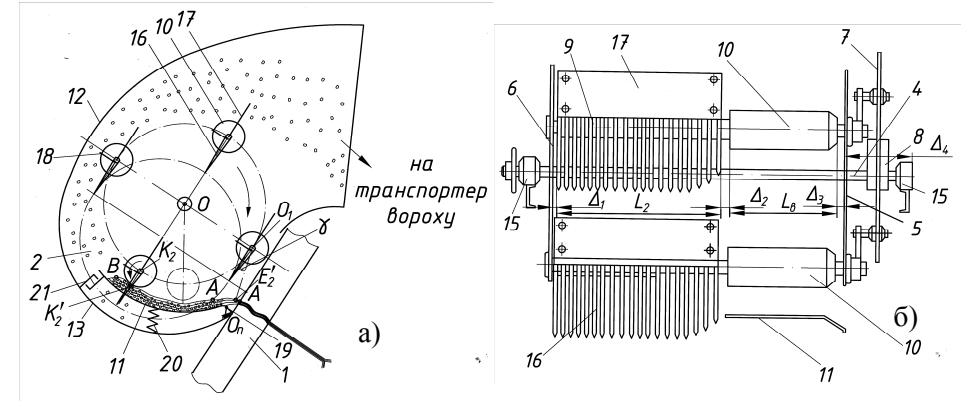


Рис.1. Комбінований плющильно-обчісувальний апарат: а – обчісувальна камера (вигляд збоку), б – обчісувальний барабан з вальцями

Основні параметри пристрою наступні: діаметр D_6 і довжина L_6 барабана, довжина гребінки, довжина вальця L_B , довжина частини гребінки L_z з зубами, зазор Δ між зубами на початку, в середині і в кінці гребінки, довжина зубів на початку обчісувальної частини гребінки і в останній її частині, кутова швидкість ω обертання барабана, довжина L_{nn} і радіус R_n циліндричної частини направляючої поверхні, координати розміщення нерухомої осі, навколо якої коливається опорна направляюча поверхня.

Особливістю роботи даного пристрою є те, що при плющенні насінневої стрічки остання вигинається дугою: $E_2 K'_2$ (рис. 1,а), тут E_2 – точка, в якій закінчується затискання стебел у затискному транспортері, а K'_2 – положення точки стрічки при обчісуванні найбільш віддаленим від центра вала зубом, під час же обчісування зубами стрічка, завдяки своїй пружності, намагається відігнутись вгору та натягується по прямій $E_2 K'_2$. Це значить, що під час обчісування зубами стрічка буде перпендикулярна лінії $O_1 E_2'$, відхиленій від лінії зубів на кут γ (рис. 1, а).

Діаметр барабана D_6 визначено за формулою:

$$D_6 = \dot{E}_a \frac{\cos \gamma (2r_a \xi + \cos \gamma) + \sqrt{\cos^2 \gamma (2r_a \xi + \cos \gamma)^2 + 2 \cos \gamma (L_c^2 - 4r_a^2 \cos^2 \gamma)}}{2 \cos \gamma}, \quad (1)$$

де K_6 – коефіцієнт нерівномірності ширини стрічки, рівний 1,05 – 1,10;

ξ – коефіцієнт пропорційності діаметра барабана, рівний 1,5 – 2,0;

r_6 – радіус вала барабана; L_c – ширина насінневої частини стрічки;
 γ – кут відхилення лінії зуба від лінії, перпендикулярній площині стрічки.

Довжина барабана L_6 визначається як відстань між лівим диском 3 і диском 7, який надітий на ексцентриковий механізм 8 (рис. 1, б).

$$L_6 = \Delta_1 + L_3 + \Delta_2 + L_6 + \Delta_3 + \Delta_4, \quad (2)$$

де Δ_1 – відстань між зовнішньою площиною диска 3 і зовнішнім крайнім зубом обчисувальної частини барабана ($\Delta_1 = 3 - 7$ мм); L_3 – довжина зубчатої частини гребінки; Δ_2 – відстань між внутрішнім крайнім зубом гребінки і торцем вальця ($\Delta_2 = 3 - 6$ мм); L_6 – довжина вальця, включаючи конічну частину; Δ_3 – відстань від торця конічної частини вальця до зовнішньої площини диска 5, ($\Delta_3 = 2 - 5$ мм); Δ_4 – відстань від зовнішньої площини диска 5 до зовнішньої границі ексцентрикового механізму ($\Delta_4 = 35 - 50$ мм).

Довжина барабана L_6 не може бути дуже великою. Вона обмежена габаритами машини та розмірами затискного транспортера. В існуючих машинах вона знаходиться в межах 600 – 900 мм. В льонокомбайні ЛК-4А довжина барабана складає 600 мм, довжина обчисувальної частини 500 мм. З врахуванням мінімального 8-кратного проминання стеблової стрічки, при максимальній швидкості затискного транспортера довжина вальця L_6 складає 150 мм. Довжина зубчатої частини обчисувальної гребінки з врахуванням $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ знаходиться в межах від 382 до 407 мм.

Кутова швидкість обертання барабана в існуючих льонозбиральних машинах знаходиться в межах 22 – 28 рад/с. Чим менша ця швидкість, тим менша продуктивність апарата, але більша надійність його роботи. Зі збільшенням кутової швидкості підвищується продуктивність апарата, але виникає загроза виникнення несправностей через збільшення сил інерції невідновлених деталей апарата, включаючи деталі ексцентрикового механізму.

Циліндрична частина направляючої поверхні 11 (рис. 1, а) на схемі проектується в дугу, концентричну дузі, яку описує центр O_1 вальця при обертанні барабана. При цьому радіус R_n направляючої поверхні рівний:

$$R_n = \frac{D_6}{2} + \frac{d}{2} + \delta \quad (3)$$

де δ – товщина стеблової стрічки, d – діаметр плющильного вальця.

Довжина циліндричної частини направляючої поверхні $L_{nn} = R_n \cdot \xi_n$,

де ξ_n – кут повороту барабана в радіанах, при якому виконується плющення стебел вальцем. Таким чином:

$$L_{nn} = \left(\frac{D_6}{2} + \frac{d}{2} + \delta \right) \xi_n. \quad (4)$$

Для аналізу явища плющення верхівкової частини стеблової стрічки побудовано схему механізму (рис. 2). При обертанні барабана, із стеблової стрічки прийдуть в дотик найбільш віддалені від осі обертання барабана точки вальців. У

погіршення умов роботи як плющильних вальців, так і гребінок апарата, а також спричиняє переплутування стебел та намотування їх елементи конструкції, що обертаються. До зниження чистоти обчисування призводить збільшення швидкості затискного транспортера, оскільки зменшується кількість проходів вальців та гребінок через стрічку льону. Значення показника, що характеризує чистоту обчисування стрічки льону-довгунця, за всіма варіантами знаходиться в межах $\eta_0 = 98,1 - 99,8$ %, що відповідає агротехнічним вимогам.

Кількість вільного насіння η_e у воросі льону визначали після обробки стрічки лише плющильними вальцями (рис. 13) та плющильно-обчисувальним апаратом (рис. 14). Аналіз даних показує, що при зростанні швидкості затискного транспортера кількість вільного насіння у воросі зменшується. Зі збільшенням щільності стрічки кількість вільного насіння у лляному воросі зростає внаслідок ущільнення стрічки у верхівковій частині під час її контакту з вальцями. Кількість вільного насіння у воросі, при дії лише плющильних вальців знаходиться в межах $\eta_e = 24,0 - 37,1$ %. Після обробки аналогічної стрічки плющильно-обчисувальним апаратом (рис. 7) кількість вільного насіння за варіантами дослідів становила 34,0 – 58,3 %, що перевищує у 5 – 8 разів значення відповідного показника для стандартних обчисувальних апаратів без плющильних вальців.

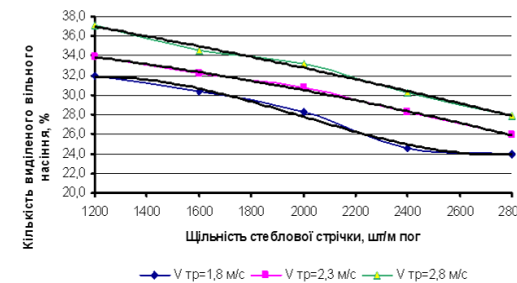


Рис. 13. Графічні залежності показника η_e , що характеризує кількість вільного насіння у лляному воросі, від щільності стрічки, при різній швидкості затискного транспортера після проплющування вальцями

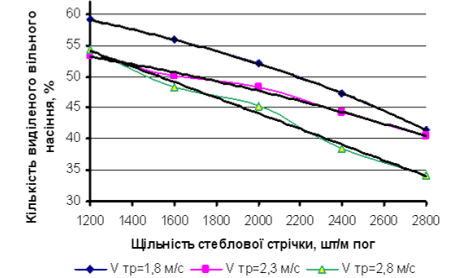


Рис. 14. Графічні залежності показника η_e , що характеризує кількість вільного насіння у лляному воросі, від щільності стрічки, при різній швидкості затискного транспортера після плющильно-обчисувального апарату у фазі повної стиглості

Як показують результати досліджень, зростання щільності стрічки призводить до зростання значення показника η_c , що характеризує відхід стебел у ворох. Це пояснюється тим, що при збільшенні щільності стрічки, створюються сприятливі умови для їх розриву та намотування на вальці та гребінки плющильно-обчисувального барабана. До збільшення відходу стебел у лляний ворох також призводить зменшення швидкості затискного транспортера, оскільки зростає час дії робочих органів обчисувального апарата на стрічку льону. Значення

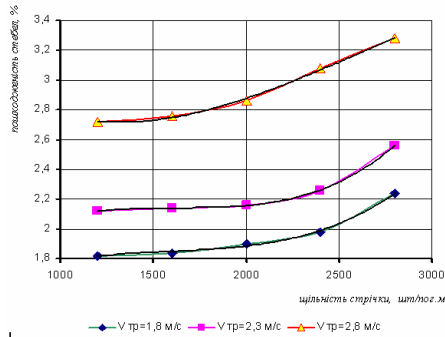


Рис. 10. Графічні залежності показника пошкодженості стебел у стрічці після проходження плющильно-обчисувального апарата, від щільності стрічки, при різних швидкостях затискного транспортера

Зменшення значення кута перекошу стебел із зменшенням щільності стрічки зумовлено тим, що стебла у тонкій стрічці після їх відхилення внаслідок дії гребінок обчисувального барабана намагаються повернутися в початкове положення, а в товстій стрічці таке повернення в початкове положення ускладнене внаслідок значної сплутаності стебел (рис. 11). При зменшенні швидкості затискного транспортера кут відхилення стебел після проходження робочої зони обчисувального барабана зменшується. Це пояснюється тим, що переміщення стебла вздовж осі барабана під час дії на нього зуба гребінки зменшується, в результаті стебло відхиляється зубом на менший кут. За усіма варіантами дослідів значення кута перекошу стебел у стрічці після проходження плющильно-обчисувального апарата складає 5,0 – 14,8°, що не перевищує допустимого значення, яке згідно агротехнічних вимог складає 20°. Коефіцієнт варіації дослідів змінювався в межах 4,1 – 15,2 %, що вказує на середню мінливість, а похибка дослідів знаходилася в межах $\pm 1,8 - 6,8$ %, що свідчить про задовільну їх точність.

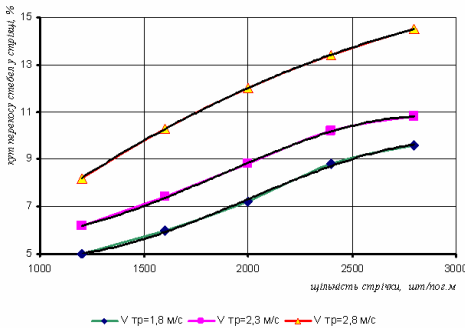


Рис. 11. Графічні залежності кута перекошу стебел у стрічці після проходження плющильно-обчисувального апарата від щільності стрічки, при різних швидкостях затискного транспортера

З аналізу отриманих графічних залежностей показника, що характеризує чистоту обчисування стрічки льону-довгунця (рис.12) видно, що збільшення щільності стрічки призводить до зменшення чистоти обчисування η_0 , оскільки зростає товщина шару матеріалу з яким взаємодіють вальці та гребінки плющильно-обчисувального апарата. Зростання товщини стрічки зумовлює

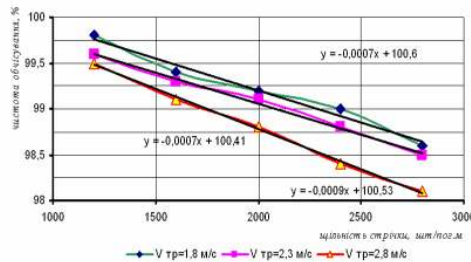


Рис. 12. Графічні залежності показника чистоти обчисування стрічки льону-довгунця після плющення у апараті, від щільності стрічки, швидкості затискного транспортера

процесі плющення доторкатись до стебел можуть точки вальців, віддалені від осі O на відстань $D_6/2 + d/2$. Дотик має місце у зоні, де розміщено опорну поверхню 6.

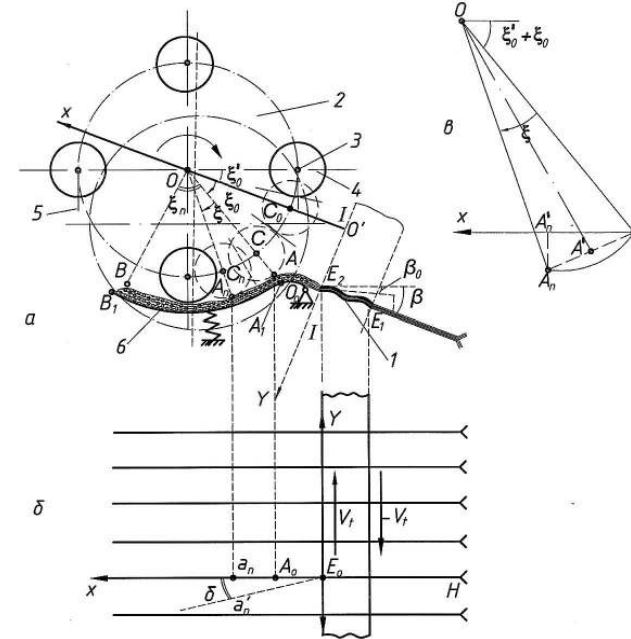


Рис. 2. Взаємодія затискного транспортера та вальців зі стеблами, що обробляються: а – вид збоку; б – вид зверху; в – вид сектора OAH в збільшеному вигляді; 1 – затискний транспортер; 2 – барабан; 3 – гребінка; 4 – валець; 5 – зуб; 6 – опорна поверхня

Кут ξ_0 повороту барабана, при якому центр вальця переходить із положення C_0 в положення, яке знаходиться на прямій OA , визначається за наступною залежністю:

$$\xi_0 = \arcsin[(e + e_1)/(r + r_b)], \quad (5)$$

де $e = AE_2$ – відстань від точки A до площини E_2E_1 ;

$e_1 = O'E_2$ – відстань від точки O' до точки E_2 , тобто до площини E_2E_1 .

Таким чином, контакт вальця зі стеблами відбувається після повороту барабана на кут ξ_0 . Вплив вальця при його обертанні на стебла буде продовжуватись до того моменту, коли його нижні точки опиняться в кінці стебловій стрічці.

Як видно з рис. 2, а біля прямої $O'E_2$ утворюється мертва зона, де вальці не діють на стеблову стрічку. Ширина цієї мертвої зони e_{ML} в напрямку, перпендикулярному до лінії $I-I$ (осі Y), рівна :

$$e_{ML} = e - r - r_k, \quad (6)$$

де e , як вже вказувалось, рівне довжині OO' .

Ширина цієї зони e_{ML} по стрічці, рівна AE_2 , тобто:

$$e_{ML} = \sqrt{\left[e - \sqrt{(r + r_k)^2 - (\varepsilon + \varepsilon_1)^2} \right]^2 + b^2}. \quad (7)$$

Зменшення параметрів e_{ML} та e_{ML} досягається зменшенням довжини e та збільшенням радіусів r і r_k .

При коченні вальця стебловою стрічкою долається опір його перекочуванню, який характеризується коефіцієнтом тертя кочення k . Схему вальця, який рухається опорною поверхнею апарата з вкладеними на ній стеблами, показано на рис. 3, а. Як видно із схеми, сила тиску вальця на стебла залежить від сили тиску пружини P_n та місця її розташування. Проведено розрахунок для випадку, коли пружина розташована посередині ділянки дуги A_1B_1 опорної поверхні та тисне знизу на неї в точці D_1 , внаслідок чого лінія OD_1 ділить кут ξ_{nm} на дві рівні частини. За такими умовами відстань від шарнірної опори O_n опорної поверхні до лінії дії сили P_n позначена a_2 і рівна $a_1 + (a_3 - a_1)/2$, де a_1 – відстань від опори O_n до лінії, яка проходить через точку A_1 , паралельну вертикалі D_1O , a_3 – відстань від опори O_n до лінії, яка проходить через точку B_1 , паралельну вертикалі D_1O . Через x позначено відстань від точки O_n до лінії, яка проходить через точку B' , паралельну вертикалі D_1O . В напрямку прямої CB' , діє сила R . Ця пряма відхилена від лінії CA' на кут φ_k . Зі схеми видно, що лінія дії сили R відхилена від лінії, паралельної D_1O , на кут $0,5\xi_{nm} - \xi - \varphi_k$.

Склавши рівняння моментів сил, які діють на опорну поверхню, відносно точки O_n визначили силу дії вальця на стрічку:

$$R = \frac{P_n \cdot a_2}{\{a_1 + (r + r_k) [\sin(0,5\xi_{nm}) - \sin(0,5\xi_{nm} - \xi)] + k\} \cos(0,5\xi_{nm} - \xi - \varphi_k)}. \quad (8)$$

Під час роботи апарата при русі вальця стебла притискаються до робочої поверхні, а затискний транспортер продовжує транспортувати стебла в камеру обчосу. Оскільки транспортер надійно затискає стебла, що транспортуються, то останні вислизують з-під вальця та частково розтягуються.

Важливим показником, що характеризує роботу плющильних вальців, є число плющень (прокочувань) стеблової стрічки за весь її шлях руху в камері обчосу.

При наявності в барабані n_z гребінок з вальцями, число плющень за одну секунду буде $n_z \omega / 2\pi$. Час кожного плющення стеблової стрічки, що знаходиться у камері обчосу в зоні дії вальців рівний $(B - \Delta_k) / V_T$,

де B – довжина вальця; Δ_k – довжина конічної частини вальця;

$$y = 0,131 - 0,003\rho_{CT} + 0,257P_B + 0,06V_{TP}, \quad (14)$$

де y – ступінь пошкодженості насіння (%); ρ_{CT} – щільність стеблової стрічки ($см^{-1}$); P_B – сила тиску вальця на коробочки ($кН$); V_{TP} – швидкість пасів затискного транспортера ($м/с$).

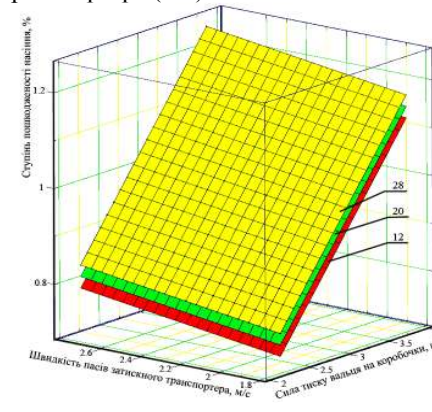


Рис. 8. Поверхні відгуку залежності ступеня пошкодженості насіння від швидкості пасів затискного транспортера та стеблової стрічки при різних її щільностях

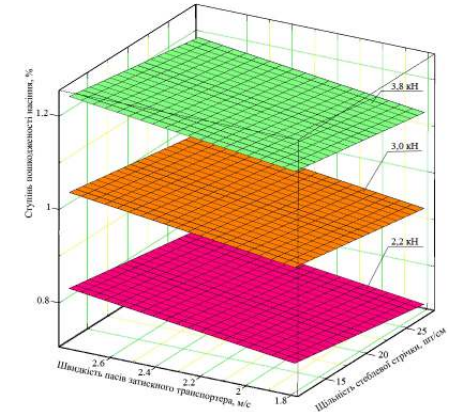


Рис. 9. Поверхні відгуку залежності ступеня пошкодженості насіння від швидкості пасів затискного транспортера та щільності стеблової стрічки при різних її щільностях

З аналізу рівняння регресії, та побудованих поверхонь відгуку (рис. 8 та рис. 9) на ступінь пошкодженості насіння найбільше впливає сила тиску вальця на коробочки, а щільність стеблової стрічки та швидкість її подачі – менше.

Аналізуючи показник пошкодженості стебел η_{nc} після взаємодії з плющильно-обчисувальним апаратом (рис. 10) видно, що із збільшенням щільності стрічки він зростає. Це пояснюється тим, що збільшення товщини стрічки та сплутаності стебел у ній ускладнює входження гребінок обчисувального барабана у шар матеріалу (верхівкову частину стрічки). Як результат, обрив, злам та кручення продуктивної частини стебел, що збільшує відхід стебел у лляний ворох та зменшує вихід волокна. Зниження швидкості затискного транспортера також призводить до збільшення відсотка пошкоджених стебел.

Загальна частка пошкоджених стебел льону-довгунця після обчисування стрічки запропонованим апаратом знаходиться в межах $\eta_{nc} = 1,82 - 3,28$ %. При швидкості затискного транспортера 2,3 – 2,8 м/с кількість пошкоджених стебел після проходження обчисувального апарата знаходиться в межах 1,82 – 2,56 %, що не перевищує допустимого значення, яке згідно агротехнічних вимог складає 5 %. Тому зменшувати швидкість затискного транспортера до 1,8 м/с не рекомендується. Максимальне значення коефіцієнта варіації дослідів становить 13,2 %, що вказує на середню мінливість, а максимальна похибка дослідів – $\pm 5,9$ % свідчить про допустиму їх точність.

до 28 стебел на погонний сантиметр, при швидкості пасів транспортера від 1,8 м/с до 2,8 м/с та силі тиску вальця на коробочки від 2,2 кН до 3,8 кН.

За допомогою математичного методу планування експерименту досліджувались закономірності впливу щільності стеблової стрічки, сили тиску вальця на насінневі коробочки та швидкості пасів затискного транспортера на пошкодженість насіння.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень» наведені результати лабораторних досліджень плющильно-обчисувального апарата.

Відповідно до програми та методики експериментальних досліджень отримано розподіл розмірів елементів стебла за діаметром. Діаметр стебла коливається від 0,71 до 1,58 мм в нижній частині (в зоні першого розгалуження) та від 0,44 до 0,9 мм в наступних розгалуженнях.

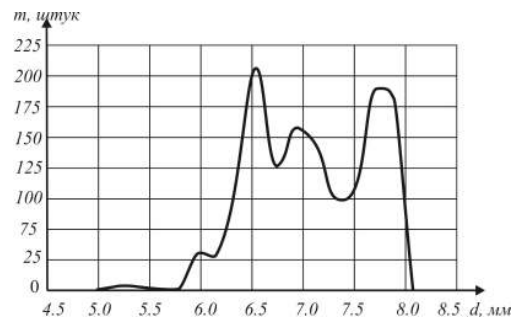


Рис. 6. Варіаційна крива розподілу діаметрів коробочок льону

обчисувального апарата (рис. 7) з льоном у стадії ранньої жовтої, жовтої і повної стиглості, причому показник відділення насіння тим більший, чим більше число



Рис. 7. Експериментальний зразок плющильно-обчисувального апарата: 1 – плющильний валець, 2 – камера обчосу, 3 – гребені, 4 – лопать

З аналізу варіаційної кривої (рис. 6) розподілу діаметрів коробочок видно, що найбільша кількість їх діаметрів знаходиться в межах до 8 мм, що в 9 разів менше мінімального діаметра плющильного вальця. Це відповідає умові захоплення та роздавлювання насінневої коробочки, що визначена теоретично.

Дослідження процесу плющення насінневих коробочок вальцями проведено на експериментальному зразку плющильно-обчисувального апарата (рис. 7) з льоном у стадії ранньої жовтої, жовтої і повної стиглості, причому показник відділення насіння тим більший, чим більше число проходів вальців, та менший в ранньо-жовтій і жовтій стиглостях.

За допомогою математичного методу планування експерименту було досліджено вплив щільності стеблової стрічки, сили тиску вальця на насінневі коробочки та швидкості руху пасів затискного транспортера на ступінь пошкодження насіння. Нами проведено трифакторний експеримент, в результаті якого отримано рівняння регресії:

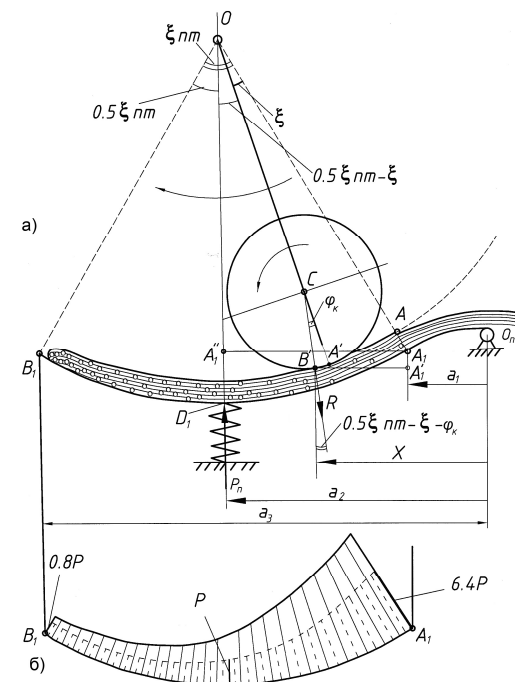


Рис. 3. Схема вальця, що котиться вкладеними на опорну поверхню стеблами (а) та діаграма зміни сили тиску вальця на стебла (б)

$2\pi / \xi_n$, де ξ_n – кут, що відповідає дузі АВ (рис. 2). Оскільки цей кут близький до $75^\circ - 85^\circ$, то максимальна можлива кількість вальців рівна 4, що відповідає кількості обчисувальних гребінок льонозбиральних машин.

Мінімально необхідне значення діаметра плющильного вальця встановлюється з умови роздавлювання насінневої коробочки, яка зустрічається окремо при його русі, без її виштовхування з зони роздавлювання (рис. 4, а.).

Мінімально необхідний радіус вальця визначається:

$$r_g = r_\kappa \frac{1 + \cos \chi \varphi}{1 - \cos \chi \varphi},$$

де χ – відношення кута дії сили вальця на коробочку та вертикалю до кута тертя; φ – кут тертя між коробочкою льону-довгунця та сталним вальцем.

При радіусі коробочки $r_\kappa = 4$ мм, $\varphi = 40^\circ$, $\chi = 0,9$ отримаємо необхідний радіус вальця $r_g = 38$ мм.

Таким чином, мінімально необхідне значення діаметра вальців, в даному випадку, складає 76 мм.

V_T – швидкість пасів затискного транспортера.

Тоді число площень кожного стебла стеблової стрічки m_{st} буде рівне

$$m_{st} = \frac{n_c \omega (B - \Delta_\kappa)}{2\pi V_T}. \quad (9)$$

При проектуванні апарату досить важливо, щоб два вальці одночасно не тиснули на стеблову стрічку; необхідно, щоб кожен наступний валець почав плющити стрічку тільки після того, як попередній зійде з кінця стеблової стрічки. В іншому випадку стрічка буде плющитися тільки під вальцем, де вона товстіша, а під іншим плющитися не буде. Для забезпечення плющення стрічки під одним вальцем необхідно, щоб число вальців було не більше

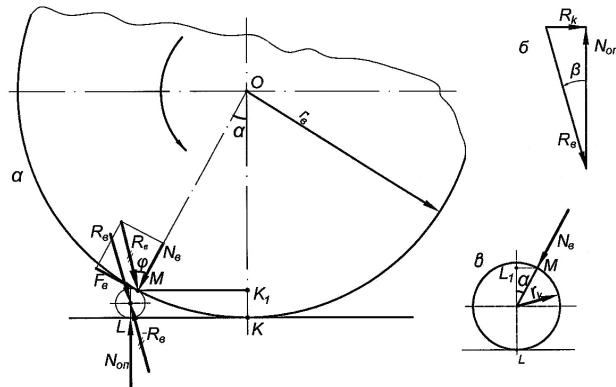


Рис. 4. Схема вальця, що накочується на насінневу коробочку (а), план сил (б) та схема коробочки в збільшеному вигляді (в)

Для аналізу явища повороту в початкове положення опорної поверхні, виготовленої з листового матеріалу, звернемось до рис. 5, на якому зображено її положення після деякого повороту за годинниковою стрілкою вгору. До цього поверхня відхилилась в положення закінчення плющення, в якому вона знаходилась у момент сходження вальця з стеблової стрічки. В даному положенні на поверхню діє сила P_n стиснутої пружини та сила G її ваги. Під дією цих сил виконується поворот поверхні.

Диференціальне рівняння обертального руху опорної поверхні має вигляд:

$$I_0 \ddot{\psi} = P_n r_p - Gr_G, \quad (10)$$

де I_0 – момент інерції опорної поверхні відносно осі O ;

$\ddot{\psi}$ – кутове прискорення обертального руху поверхні;

ψ – кут повороту поверхні, відраховується від її нижнього крайнього положення.

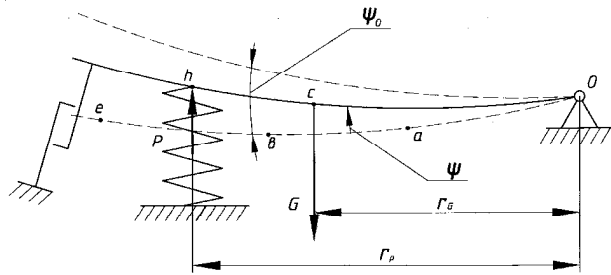


Рис. 5. Положення опорної поверхні при взаємодії з вальцем: 1 – опорна поверхня; 2 – упор

$$\text{Сила } P_p \text{ рівна: } P_n = C_{II} [\Delta_0 + r_p (\psi_0 - \psi)], \quad (11)$$

де C_{II} – жорсткість пружини; Δ_0 – попередня натяжка пружини (залежить від конструкції, є завжди); ψ_0 – кут на який повертається поверхня при сходженні з неї вальця; ψ – кут на який поверхня повертається назад до верху, r_p – радіус прикладання сили P , в точці h .

3 врахуванням визначених значень постійних інтегрування за

початковими умовами: при $t=0$; $\psi = 0$ та $\dot{\psi} = 0$ отримаємо залежності кута повороту і кутової швидкості обертання опорної поверхні, від часу, після сходження вальця з цієї поверхні, до надавлювання наступного за ним вальця на опорну поверхню.

$$\psi = \psi_0 + \frac{\Delta_0}{r_p} - \left[\psi_0 + \frac{\Delta_0}{r_p} - \frac{Gr_G}{C_{II} r_p^2} \right] \cos kt - \frac{Gr_G}{C_{II} r_p^2}; \quad (12)$$

$$\dot{\psi} = \left[\frac{Gr_G k}{C_{II} r_p^2} - k \left(\psi_0 + \frac{\Delta_0}{r_p} \right) \right] \sin kt. \quad (13)$$

Якщо це надавлювання виникне через час t_6 до повного підйому поверхні і упору в опори апарату, то наступний валець почне плющити стеблову стрічку при куті ψ_n підйому поверхні, який визначається, якщо в (12) підставити замість t час t_6 . Швидкість $\dot{\psi}$ буде при цьому рівна нулю, тобто поверхня зупиниться.

У третьому розділі «Програма і методика експериментальних досліджень» викладено програму експериментальних досліджень, дано опис приладів, лабораторного обладнання та експериментальної установки, а також викладено методику проведення експериментів у стаціонарних та польових умовах.

Програма експериментальних досліджень передбачає дослідження та визначення: розмірних характеристик та фрикційних властивостей стебел і насінневих коробочок льону; процесу плющення насінневих коробочок; закономірності плющення насінневих коробочок між вальцем, що рухається та опорною нерухомою поверхнею; впливу параметрів роботи апарату на пошкодженість насіння; впливу робочих органів комбінованого плющильно-обчісувального апарату на енергію проростання та схожість насіння. Обґрунтована методика польових випробовувань льонокомбайна ЛК-4А та ЛК-4Т з експериментальним зразком комбінованого плющильно-обчісувального апарату.

Для проведення експериментів використовувалось стандартизоване і розроблене спеціальне обладнання, яке найбільш повно відповідає умовам процесів, що досліджувались. Були спеціально виготовлені: пристрій для плющення насінневих коробочок на опорній поверхні; лабораторна установка плющильно-обчісувального апарату з електроприводом. Польові випробовування здійснювались з використанням льонокомбайнів ЛК-4А та ЛК-4Т, обладнаного розробленим комбінованим плющильно-обчісувальним апаратом замість стандартного обчісувального апарату.

Дослідження розмірних та фрикційних властивостей стебел і насінневих коробочок льону проводилось з метою встановлення закономірностей розподілу параметрів та коефіцієнтів тертя стебел льону, насінневих коробочок у різних фазах стиглості, що дало змогу використати дослідні дані в теоретичних розрахунках та при виборі матеріалів робочих органів.

Досліджувались варіанти обчісування стеблових стрічок зі щільністю від 12